

INSTITUT FÜR BAUSTOFFE, MASSIVBAU UND BRANDSCHUTZ

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

DIREKTOREN: PROF. DR.-ING. DR.-ING. E. h. K. KORDINA · PROF. DR.-ING. F. S. ROSTÁSY

Langzeitverhalten von
Stahl-Betonverklebungen

Forschungsbericht
von

BIBLIOTHEK
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
der Technischen Universität Braunschweig
Beethovenstraße 52
D-3300 Braunschweig

F.S. Rostásy
und
E.-H. Ranisch

Braunschweig, Februar 1988

Gefördert mit Forschungsmitteln
des Landes Niedersachsen,
Erlaß Nr. 13/80 vom 12.08.1981

1. Aufgabenstellung

Das Aufkleben von Stahlplatten an Stahlbetonbauteile ist eine Verstärkungstechnik, die vor ca. 25 Jahren zuerst in Frankreich angewendet wurde. Das Verfahren hat sich rasch international verbreitet. Der Kenntnisstand zum Kurzzeittragverhalten ist groß (siehe Literaturverzeichnis). Daran gemessen sind die Kenntnisse über das Langzeitverhalten derartiger Klebungen gering. Zwar sind zu den ältesten verstärkten Bauwerken, bei denen sich die geklebten Bewehrungen z.T. seit 15 bis 20 Jahren im Freien befinden, noch keine Schäden bekannt geworden, jedoch haben Lloyd und Calder /61/ nach Bauwerksuntersuchungen festgestellt, daß eine Schwächung der Adhäsion am Stahl durch Unterrostung möglich ist. Ähnliche Ergebnisse erbrachten die Auslagerungsversuche von Calder /39/.

An der EMPA in der Schweiz befindet sich eine größere Zahl von laschenverstärkten Betonbalken seit 1977 im Freien unter Last /46/. Dort sind Unterrostungen bisher nur in sehr geringem Maße festgestellt worden.

Von Untersuchungen an Klebungen für den Flugzeugbau ist bekannt, daß das Langzeitverhalten u.a. abhängt von

- der Art des Klebstoffes
- der Vorbehandlung der Klebflächen
- der Art und Höhe der Belastung
- der Temperatur
- der relativen Luftfeuchtigkeit
- dem Angriff von Medien.

Nach Brockmann /27/ sind für eine zeitraffende Prüfung von Klebstoffen und Vorbehandlungsverfahren Dauerstandsversuche im feucht-warmen Klima geeignet.

In dieser Forschungsarbeit, die aus Mitteln des Niedersächsischen Zahlenlottos gefördert wurde, sollte zunächst ein geeigneter Versuchskörper für Langzeitversuche mit Stahl-Betonverklebungen entwickelt werden. Dann sollten mit handelsüblichen und baustellengerechten Epoxidharzklebstoffen

Dauerstandsversuche in feucht-warmer Luft und im Freien durchgeführt werden. Für die freie Bewitterung war eine Belastungszeit von fünf Jahren vorgesehen.

2. Baustoffe

2.1 Beton

Für die Betonkörper wurde Beton der Festigkeitsklasse B25 nach DIN 1045 gewählt. Das Betonrezept zeigt Anlage 2. Das Rezept wurde so entworfen, daß nur eine möglichst geringe Nacherhärtung erfolgt.

2.2 Klebstoffe

Zum Kleben wurden vier Epoxidharzklebstoffe unterschiedlicher Hersteller, die im folgenden mit A, B, C und D bezeichnet werden, verwendet. Ihre wesentlichen Merkmale sind auf Anlage 1 zusammengestellt. Bei Klebstoff A handelt es sich um das einzige Produkt, das zum Zeitpunkt des Versuchsbeginns in Deutschland zum Herstellen von tragenden Verbindungen zwischen Stahl und Beton vom Institut für Bautechnik zugelassen war /41/. Der Klebstoff D wurde nur für die freibewitterten Versuche verwendet.

2.3 Primer

Der eingesetzte Primer hat sich bei Klebungen im Flugzeugbau besonders gut bewährt. Es handelt sich dabei um ein pigmentiertes, niedrigviskoses Epoxidharz mit Zusatz von Zinkchromat.

2.4 Laschen

Für die Versuche wurden Laschen aus St37-2 DIN 17 100 mit den Abmessungen $3 \times 100 \times 700 \text{ mm}^3$ und $5 \times 50 \times 700 \text{ mm}^3$ und Laschen aus nichtrostendem Stahl nach DIN 17 440, Werkstoff-Nr. 1.4301, mit den Abmessungen $3 \times 100 \times 700 \text{ mm}^3$ verwendet. Zusatzversuche wurden mit Aluminiumlaschen (AlMgSi 0,5) $10 \times 50 \text{ mm}^3$ durchgeführt.

2.5 Oberflächenbehandlung der Laschen

Ein Teil der Laschen aus St37 wurde werksmäßig feuerverzinkt. Alle übrigen Laschen wurden mit Strahlkorund Nr. 24 metallisch blank (Sa3) gestrahlt. Die gestrahlten Flächen wurden mit Aceton abgewaschen, um Ölreste der Druckluft zu entfernen. Anschließend wurde entweder sofort geklebt oder ein Anstrich mit dem Primer aufgetragen. Die geprimerten Laschen wurden nach 7 Tagen mit Schleifpapier Nr. 240 leicht angeschliffen. Der Schleifstaub wurde dann mit Aceton abgewaschen und anschließend sofort geklebt. Auch ein Teil der verzinkten Laschen wurde geprimert.

Für die Langzeitversuche wurde z.T. die freie Laschenseite mit einem Metallgrund-Voranstrich und zwei Kunstharz-Deckanstrichen versehen.

2.6 Vorbehandlung des Balkens

Die Betonbalken lagerten nach dem Ausschalen mindestens 40 Tage unter Wasser. Anschließend wurden die Klebflächen mit Korund bis zum Sichtbarwerden des Grobzuschlags gestrahlt. Das Kleben erfolgte 1 bis 2 Tage nach Ende der Wasserlagerung bei einer Betonoberflächenfeuchte von 4 bis 7 %.

3. Vorversuche

Mit den Vorversuchen sollte ein möglichst einfacher Probekörper gefunden werden, der folgende Anforderungen erfüllt:

1. Versagen durch Verbundbruch an der Klebschicht;
2. Beanspruchungen von Beton, Lasche und Klebung möglichst praxisähnlich;
3. für Dauerbelastung geeignet.

Als Betonkörper wurde der Balken zur Biegezugfestigkeitsprüfung alter Art nach DIN 1048 Teil 1 mit den Abmessungen 10 x 15 x 70 mm³ gewählt. Um vor dem Ankleben der Laschen eine praxisgerechte Ausbildung von Biegerissen zu ermöglichen, wurde der Balken mit 3 Stäben \varnothing 8 mm aus BSt III bewehrt.

In den Vorversuchen wurde mit vier verschiedenen Laschenprofilen aus St37 (siehe Anlage 3), einer Lasche aus Aluminium, einem unverstärkten Balken (KBV6) und einem Balken mit 6 Stäben $\varnothing 8 \text{ mm}$ (KBV7) die Kurzzeitbruchlast bestimmt. Zum Kleben wurde der Klebstoff A verwendet. Dabei wurden die Durchbiegungen gemessen (siehe Anlage 4). Ein typisches Bruchbild zeigt Anlage 5.

Die Bruchlasten nahmen mit dem Laschenquerschnitt und der Laschenbreite zu. Die Biegesteifigkeit der laschenverstärkten Balken war größer als die der herkömmlich bewehrten. Mit gleichen Gesamtbewehrungsgraden ließen sich auch gleich hohe Bruchlasten erreichen.

Bei diesen Kurzzeitversuchen verlief die Bruchfuge stets parallel zur Klebschicht im Beton.

Bei zwei Zusatzversuchen mit feuerverzinkten Laschen $3 \times 100 \text{ mm}^2$ erfolgte der Bruch bei den Klebstoffen A und C als vollständiger Adhäsionsbruch am Zink, bei Klebstoff B als Betonbruch. Die Bruchlast betrug 60 - 80 % der Bruchlasten von gesandstrahlten Laschen.

4. Langzeitversuche im feucht-warmen Klima

Für diese Versuche wurden die gleichen Balken wie für die Vorversuche gewählt und mit Stahllaschen mit den Querschnitten $3 \times 100 \text{ mm}^2$ und $5 \times 50 \text{ mm}^2$ verstärkt. Vor dem Aufkleben der Laschen wurden die Balken in einem Alter von mindestens 40 Tagen mit 50 kN vorbelastet, wodurch drei bis fünf Biegerisse mit einer bleibenden Rißbreite von 0,1 bis 0,2 mm entstanden. Anschließend wurden in unbelastetem Zustand die Laschen mit dem Klebstoff A, B und C aufgeklebt. Die Tabelle 4.1 zeigt eine Übersicht der Versuche. Der erste Buchstabe kennzeichnet den Klebstoff, der letzte das Laschenprofil (g für 3×100 , k für 5×50). Die Buchstaben in der Mitte beschreiben die Laschenvorbehandlung:

- S: gestrahlt
- P: gestrahlt und geprimert
- Z: feuerverzinkt
- ZP: feuerverzinkt und geprimert
- N: nichtrostender Stahl, gestrahlt

		St 37		Niro	Alu
		3 x 100	5 x 500	3 x 100	10 x 50
Kleber A	Strahlen	ASg	ASk	ANg	AALK
	Verzinken	AZg	AZk		
	Primern	APg	APk	-	-
	Verzinken Primern	AZPg	AZPk		
Kleber B	Strahlen	BSg	BSk	BNg	BALK
	Verzinken	BZg	BZk		
	Primern	BPg	BPk	-	-
Kleber C	Strahlen	CSg	CSk	ANg	AALK
	Verzinken	CZg	CZk		
	Primern	CPg	CPk	-	-
	Verzinken Primern	-	CZPk		

Tabelle 4.1: Übersicht der Langzeitversuche im feucht-warmen Klima 45/95

Von jeder Laschenart wurde ein Balkenpaar hergestellt. Sieben Tage nach dem Kleben wurde die Dauerlast in Höhe von 50 % der mittleren Kurzzeitbruchlast mit Hilfe von Tellerfedern aufgebracht (siehe Anlage 6).

Anschließend wurden die Balken für 6 Monate in einem Klimaraum mit 45 °C Lufttemperatur und 95 % relativer Feuchte eingelagert. Nach einem Monat wurde mit Hilfe einer geeichten hydraulischen Presse die Dauerlast kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert.

Wenn Verbundbrüche der Klebungen festgestellt wurden, wurde das Balkenpaar demontiert und, soweit der andere Balken noch unversehrt war, an diesem die Resttragfähigkeit im Kurzzeitversuch geprüft.

Die abgelösten Laschen wurden fotografiert und die Bruchanteile ausgemessen. Zur Beschreibung wurden die einzelnen Schichten vom Beton zur Lasche mit A, B, C usw. bezeichnet. Damit bedeuten z.B.:

100 % A - 100 % Betonbruch (Kohäsionsbruch) oder

50 % A/B - 50 % Abhäsionsbruch zwischen Beton und Klebstoff

Die vollständigen Versuchsergebnisse zeigt Anlage 8, die verschiedenen Brucharten die Anlagen 11 bis 16.

Man erkennt, daß sich nach sechsmonatiger Feuchtwarmlagerung deutliche Unterschiede zwischen den Klebstoffen und Laschenarten ausbilden.

Bei den Adhäsionsbrüchen an der Verzinkung handelt es sich überwiegend um "echte" Adhäsionsbrüche. Die übrigen Adhäsionsbrüche sind nur "scheinbar", d.h. es bleibt doch ein nahezu unsichtbarer Film von Klebstoff oder Primer haften. Scheinbare Adhäsionsbrüche entstehen vermutlich durch das Einwandern von Fremdatomen in die Klebschicht, wodurch deren Kohäsionsfestigkeit nahe der Grenzschicht geschwächt wird /27/.

Im Kurzzeitversuch enthalten die Bruchflächen der sogenannten Betonbrüche häufig auch abgescherte Zuschlagkörner. Nach der Feuchtwarmlagerung sind derartige Brüche - durch Zuschlagkörner hindurch - seltener geworden. Statt dessen hat häufiger ein scheinbarer Adhäsionsbruch zwischen Klebschicht und Grobzuschlagskorn stattgefunden; weil deren Flächenanteile schwer abschätzbar sind, wurde auf eine Unterscheidung zwischen tiefem Betonbruch und Betonbruch mit Adhäsionsbruchanteilen am Zuschlag verzichtet. Dies erscheint gerechtfertigt, weil sich bei allen Betonbrüchen Resttragfähigkeiten in der Größenordnung der Kurzzeitfestigkeit ergaben. Adhäsionsbrüche an der Lasche waren hingegen meist mit Festigkeitsverlusten verbunden. Adhäsionsbrüche an der Lasche als Folge einer Unterrostung der Klebschicht wurden an ungeprimerten Laschen in starkem Ausmaß bei Klebstoff C (siehe Anlage 14) und nur marginal bei Klebstoff A (siehe Anlage 12) beobachtet.

Auf feuerverzinkten Laschen war mit keinem Klebstoff weder mit noch ohne Primer eine befriedigende, dauerhafte Adhäsion zu erzielen. Während der Klimalagerung bildete sich z.T. pulverförmiges Zinkoxid, wodurch die Haftung bereichsweise aufgehoben wurde und Verbundbruch eintrat.

Eine bewertete Zusammenstellung der Versuchsergebnisse zeigt Tabelle 5.2.

5. Langzeitversuche unter freier Bewitterung

Für diese Versuche wurden die gleichen Versuchskörper und Materialien verwendet wie für die zeitgerafften Versuche im feucht-warmen Klima. Hinzugekommen ist der Klebstoff D. Es wurden nur Laschen mit den Abmessungen $3 \times 100 \times 700 \text{ mm}^3$ verwendet. Eine Zusammenstellung der Versuchsbalkentypen zeigt Tabelle 5.1:

Klebstoff Lasche	A	B	C	D
gestrahlt	AS	BS	CS	DS
gestrahlt + geprimert	AP	BP	CP	DP
verzinkt	-	BZ	-	DZ
verzinkt + geprimert	AZP	-	CZP	-
nichtrostend	AN	BN	CN	DN
nichtrostend + geprimert	ANP	BNP	CNP	DNP

Tabelle 5.1: Langzeitversuche im Freien

Die Belastungseinrichtung wurde so verändert, daß die Laschen außen lagen. Die Balken wurden liegend auf dem Dach des Instituts aufgestellt, so daß die obenliegende Lasche direkt bewittert wurde (siehe Anlage 7). Von jedem Balkentyp wurden drei Stück hergestellt. Zwei Balken wurden zu einem Paar zusammengespannt. Nach einem Jahr wurden die Balkenpaare demonstert und am oberen Balken die Tragfähigkeit geprüft. Dann wurde der untere Balken mit dem dritten Balken wieder zusammengespannt und für weitere vier Jahre im Freien belassen. Danach wurde wiederum die Restfestigkeit geprüft. Die Ergebnisse sind auf den Anlagen 9 und 10 zusammengestellt.

Tabelle 5.2 zeigt eine Bewertung der Ergebnisse für die feuchtwarm gelagerten und freibewitterten Balken.

Laschen	Klebstoff/Lagerung							
	A		B		C		D	
	warm	frei	warm	frei	warm	frei	warm	frei
gestrahlt (S)	++	++	++	++	o/-	++	x	+/o
geprimert (P)	++	++	++	++	o	++	x	++
verzinkt (Z)	--	x	+/o	-	--	x	x	-
verzinkt + geprimert (ZP)	--	--	x	x	--	--	x	x
nichtrostend (N)	--	-	+	++	x	o	x	+
nichtrostend + geprimert (NP)	x	++	x	++	x	+	x	+
Aluminium (Al)	o	x	o	x	x	x	x	x

++ über 90 % Betonbruch nach 6 Monaten 40/95 bzw. 5 Jahre Freibewitterung, keine Bruchlastverluste

+ 60 - 90 % Betonbruch nach voller Lagerungszeit, nur geringe Tragfähigkeitsverluste

o über 80 % Betonbruch, vorzeitiges Versagen

- unter 80 % Betonbruch, überwiegend vorzeitiges Versagen

-- über 50 % Adhäsionsbruch an der Lasche oder Klebschichtbruch, vorzeitiges Versagen.
Laschenkorrosion ist durch Unterstreichung gekennzeichnet.

x nicht geprüft

Tabelle 5.2: Wertung der Langzeitversuche

Man erkennt, daß sich bei beiden Lagerungsbedingungen ähnliche Tendenzen zeigen. Die sechsmonatige Feuchtwarmlagerung stellt eine strengere Prüfung als die fünfjährige Freibewitterung dar. So betragen die Betonbruchanteile bei gestrahlten und geprimerten Laschen nach Freibewitterung 95 bis 100 %, nach Feuchtwarmlagerung 80 - 90 %. Unterrostung ist nach Freibewitterung deutlich seltener als nach Feuchtwarmlagerung.

Das Langzeitverhalten der oberen, direkt besonnten Laschen unterscheidet sich nicht signifikant von dem der unteren, im Schatten liegenden.

Die Versuche zeigen insgesamt, daß die Restfestigkeit dann von gleicher Größenordnung wie die Kurzzeitfestigkeit ist, wenn der Betonbruchanteil über rund 90 % liegt. Nur bei nichtgeprimerten Laschen aus nichtrostendem Stahl ergeben sich nach Freibewitterung z.T. auch bei geringeren Betonbruchanteilen noch hohe Restfestigkeiten.

6. Zusammenfassung und Wertung

Zur Prüfung des Langzeitverhaltens von praxisnah ausgeführten Verklebungen zwischen Beton und Stahl (Außenbewehrung) wurden Dauerstandsversuche in feucht-warmem Klima 40/95 und im Freien durchgeführt. Es wurden vier Epoxidharzklebstoffe, ein Primer auf Epoxidharzbasis und Laschen aus Baustahl St37-2, aus nichtrostendem Stahl und aus feuerverzinktem Baustahl St37-2 untersucht. Die Dauerlast betrug 50 % der Kurzzeitbiegebruchlast. Die Belastungszeit betrug bei 40/95 sechs Monate und im Freien fünf Jahre. Anschließend wurde die Restfestigkeit geprüft und das Bruchbild beurteilt.

Es zeigte sich, daß die Lagerung bei 40/95 eine starke Zeittraffung gegenüber natürlicher Bewitterung darstellt. Das Zeittraffungsmaß ist noch nicht bekannt, dürfte aber größer als 50 sein. Dauerstandsversuche bei 40/95 sind zur Differenzierung von Klebstoffen und Primern geeignet, weil sich ähnliche Versagensmechanismen wie bei freier Bewitterung einstellen. Während im Kurzzeitversuch der Betonbruch den Regelfall darstellt, können sich im Dauerstandsversuch Adhäsionsbrüche und auch Unterrostungen ergeben, die dann Tragfähigkeitsverluste zur Folge haben.

Es zeigte sich, daß mit geprimerten Laschen aus gestrahltem Baustahl oder gestrahltem nichtrostendem Stahl mit allen vier Klebstoffen die besten Ergebnisse erzielt wurden. Hier läßt sich eine Nutzungsdauer von Jahrzehnten prognostizieren.

Mit nur gestrahlten Baustahllaschen ergaben sich auch überwiegend gute Resultate. Mit den untersuchten Klebstoffen ist ein dauerhaftes Verkleben von feuerverzinkten Laschen nicht möglich.

-
- /1/ Cirodde, Roger
Techniques d'assemblage par Collage
In: Bull.RILEM Nr. 37, 1967, S.253-261
- /2/ Fleming, C.J. ; King, S.F.N.
The Development of Structural Adhesives for Three
Original Uses in South Afrika
In: Bull.RILEM, Nr.37, 1967, S.241-251
- /3/ L'Hermite, Robert
L'application des Colles et des Resines dans la Construction
In: Ann.ITBTP Nr. 239, 1967, S.1482-1497
- /4/ L'Hermite, Robert
Beton Arme par Collage d'armatures
Colloque RILEM, Sept.1967
- /5/ Lerchenthal, C.H.
Bonded Sheet Metal Reinforcement for Concrete Slabs
In: Bulletin RILEM Nr.37, Dezember 1967, S.263-269
- /6/ Bresson, Jacques
Nouvelles Recherches et Application Concernant L'Utilisation
des Collage dans les Structures
In: Ann.ITBTP, Nr.278, 1971, S.22-55
- /7/ Bauminister von Tokyo
Betonbalken mit angeklebter Bewehrung unter Biege- und
Schubbeanspruchung (Japanisch)
Herausgegeben vom Bauministerium in Tokyo, April 1971.
Bericht Nr.681.
- /8/ Bresson, Jacques
Renforcement par Collage d'armatures du Passage Inferieur
CD 126 sous l'autoroute du Sud
In: Ann.ITBTP Nr 297, 1972, S.1-25
- /9/ Sho-bond Kagaku Co Ltd.
Entwicklung von Verstaerkungsmethoden fur Betonplatten
(japanisch)
Sho-bond Kagaku Co Ltd., 4-25-21, Aoki Kawaguchi-City, Japan
- /10/ Ladner, Marc; Flueler, Peter
Versuche an Stahlbetonbauteilen mit geklebter Armierung
In: Schweiz.Bauzeitung 92, 1974, S.463-470

-
- /1/ Cirotte, Roger
Techniques d'assemblage par Collage
In: Bull.RILEM Nr. 37, 1967, S.253-261
- /2/ Fleming, C.J. ; King, G.F.M.
The Development of Structural Adhesives for Three
Original Uses in South Afrika
In: Bull.RILEM, Nr.37, 1967, S.241-251
- /3/ L'Hermite, Robert
L'application des Colles et des Resines dans la Construction
In: Ann.ITBTP Nr. 239, 1967, S.1482-1497
- /4/ L'Hermite, Robert
Beton Arme par Collage d'armatures
Colloque RILEM, Sept.1967
- /5/ Lerchenthal, C.H.
Bonded Sheet Metal Reinforcement for Concrete Slabs
In: Bulletin RILEM Nr.37, Dezember 1967, S.263-269
- /6/ Bresson, Jacques
Nouvelles Recherches et Application Concernant l'Utilisation
des Collage dans les Structures
In: Ann.ITBTP, Nr.278, 1971, S.22-55
- /7/ Bauminister von Tokyo
Betonbalken mit angeklebter Bewehrung unter Biege- und
Schubbeanspruchung (Japanisch)
Herausgegeben vom Bauministerium in Tokyo, April 1971.
Bericht Nr.681.
- /8/ Bresson, Jacques
Renforcement par Collage d'armatures du Passage Inferieur
CD 126 sous l'autoroute du Sud
In: Ann.ITBTP Nr 297, 1972, S.1-25
- /9/ Sho-bond Kagaku Co Ltd.
Entwicklung von Verstaerkungsmethoden fur Betonplatten
(japanisch)
Sho-bond Kagaku Co Ltd., 4-25-21, Aoki Kawaguchi-City, Japan
- /10/ Ladner, Marc; Flueler, Peter
Versuche an Stahlbetonbauteilen mit geklebter Armierung
In: Schweiz.Bauzeitung 92, 1974, S.463-470

- /111/ Tausky, Robert; Ladner, Marc
Verstaerkung von Tragkonstruktionen mit geklebter Armierung.
Telefongebaude Fuesslistrasse in Zurich - Umbau und
Renovierung
In: Schweiz.Bauzeitung 92, Nr.19 (1974)
- /112/ Burkhardt, P. ; Vertig, Ph. ; Beschlimann, H.U.
Experiences sur les Poutres Mixtes
en Acier-beton liees a l'aide d'adhesifs Epoxydes.
In: Mat. et Constr. 8(1975), Nr.46, S.261-277
- /113/ Irvin, C.A.K.
The Strengthening of Concrete Beams by Bonded Steel Plates
Transp.Road.Res.lab. - Crowthorne/Berks : 1975
(Sup. Rep. 160 Uc)
- /114/ Eugenschmidt, Felix
Epoxy Adhesives for Concrete and Steel
International Congress on Polymer Concretes, London, Mai 1975
- /115/ Chiba-Shi ; Chiba-Ken
Bewehrungsmethode fuer Bruecken (in Japanisch)
Proc.of the 23rd Annual Meeting of Civil Engineering
Nov.1975, Public Works Inst., Tokyo
- /116/ Ladner, Marc; Weder, Christian
Geklebte Armierung Vorversuche 2.Teil
Duebendorf: EMPA, 1976, (Nr.29320/2)
- /117/ Tausky, Robert
Deckenverstaerkung durch Kunststoffklebetechnik
In:Plasticonstruction , Heft 6 , 1976 , S.218-222
- /118/ Chatelain, M.
Pathologie des Ouvrege d'art-
Renforcement par Toles Collees.
Lab. Centr. des Fonts et Chaussees /
C.I.F.P. de Nantes - Paris : LCPC 1976
- /119/ Ciba-Geigy
Petonsanierung mit Epoxidharzen
In: Ciba-Geigy-Aspekte 1977, Nr.1
- /120/ Giroud, Roger
Caracteristiques Generales des Colles Structures
In: Ann.ITRTP Nr 349, 1977, S.24-26

-
- /21/ Isnard, Andre ; Thomasson, Christian
Deux Exemples de Renforcement de Structure par
Aciers Lamellaires Colles.
In: Ann. Inst. Tech. Nat. Trav. Pub., Nr. 349, 1977, S. 64-69
- /22/ L'Hermite, Robert
Use of Bonding Techniques for Reinforcing Concrete
and Masonry Structures.
In: Mat. et Constr. 10, Nr. 56, 1977, S. 85-91
- /23/ L'Hermite, Robert
Le Collage Structural et Le Renforcement par Resines
des Structures de la Construction
In: Ann. ITBTP Nr. 349, 1977, S. 18-23
- /24/ Laval, Georges
Preparation des Surfaces des Supports en Beton et en Acier
en Vue des Collages Structuraux
In: Ann. ITBTP Nr. 349, 1977, S. 26-41
- /25/ Sommerard, T.
Swanley's Steel-plate Patch-up
In: New Civil Engineer, Nr. 247 (1977), S. 18-19
- /26/ Lucas, Thierry
La Protection des Beton Plaques Contre l'Incendie
In: Ann. ITBTP, Nr. 349, 1977, S. 86-97
- /27/ Brockmann, Walter
Langzeitverhalten von Metallklebverbindungen
In: Werkstofftechnik 8 (1977), S. 259-267
- /28/ Sevene, Jean P.
Trois Exemples de Travaux de Reparation et de Renforcement
d'Ouvrage
1. Renforcement de l'Ancien Tunnel de Saint-Cloud
2. Installations de la Satrod a Saint-Etienne
3. Reparation et Renforcement du Pont de la Rn186
In: Ann. ITBTP, Nr. 349 (1977), S. 69-76
- /29/ Rakenteiden Mekanilkan
Untersuchungen ueber das Wiederherstellen und Hoehereinstufung
alter Betonbruecken mittels Aufkleben von Stahlplatten
auf die Betonoberflaeche
Versuchsbericht Nr. MEK-1378, Rakenteiden Mekanilkan
Laboratorio/ Finnland

-
- /30/ Vidal, Jaques
Renforcement du Pont Bias de l'Autoroute A6 sur le Chemin
Departemental 126
In: Ann. ITBP, Nr. 349 (1977), S. 76-82
- /31/ Laoner, Marc
Geklebte Armierung
EMPA- Untersuchungsbericht
- /32/ Kaufmann, R.
Verstaerkung von Betonbruecken mittels angeklebter
Stahlplatte
Vortrag auf der Arbeitstagung "Bruecken- und Ingenieurbau"
Bad Nimmfen 1973
- /33/ MacDonald, M.D.
The Flexural Behaviour of Concrete Beams with Bonded
External Reinforcement
TRL Chrowthorne /Perkshire: TRL 1978, Sup. Rep. 415
- /34/ Hugenschmidt, Felix
Epoxidharzkleber fuer Beton und Stahl
In: VDI-Berichte Nr. 225, 1980, S. 21-33
- /35/ LCPC
Reparation et Collage des Structures en Beton
LCPC, C.I.F.P. de Nantes, Paris: LCPC 1978
- /36/ LCPC
Choix et Application des Produits de Reparation
des Ouvrages en Beton.
Lab. Centr. d. Ponts et Chaussees / C.I.F.P. de Nantes
Paris: LCPC 1978
- /37/ Hugenschmidt, Felix
Die Verwendung von Epoxidharzen im Hoch- und Tiefbau
Hinweise zur Technologie
Ciba-Geigy - Basel : 12.5.1978
- /38/ Ciba-Geigy
Araldit - Epoxidharze fuer Aussenarmierung
In: Ciba-Geigy-Aspekte 1979, Nr. 2, S. 2-6
- /39/ Calder, A.J.J.
Exposure Tests on Externally Reinforced Concrete Beams
TRL Chrowthorne, Berks. : TRL 1979 (Sup. Rep. 529)

-
- /40/ Palmer, P.M.
Repair and Maintenance of Concrete Bridges with Particular
Reference to the Use of Epoxies
Tech.Report Nr.14 , Main Roads Department, Western Australia
1979
- /41/ IfBt; Tausky, Robert
Schubfeste Klebeverbindung zwischen Stahlplatten und Stahl-
betonbauteilen
Ing.buero Tausky / Inst.f.Bautechnik Berlin, 1979, Nr.Z-26.1-1
- /42/ Rostasy, Ferdinand S.
Verstaerkung gerissener Koppelbereiche durch angeklebte
Stahllaschen
Vortrag an der TU Braunschweig am 11.10.1979
- /43/ Bugli, Christof A. ; Wyss, P.; Zenobi, George V.
Klebearmierung - eine neue Technik zur Erhaltung von
Bausubstanz
In: Schweiz.Ingenieur u.Architekt 27-28 (1980) , S.653-658
- /44/ Gemert, D.A.van
Force Transfer in Epoxy Bonded Steel/concrete Joints
In: Int.J.Adhesion and Adhesives, 1980, Nr.2, England, S.67-72
- /45/ Jones, Roy; Swamy, R.N. ; Bloxham, J.W.
Composite Behaviour of Concrete Beams with
Epoxy Bonded External Reinforcement
In: Int.Cem.Comp.2 (1980), S.91-107
- /46/ Ladner, Marc; Weder, Christian
Langzeitversuche an Stahlbetonbalken mit geklebter
Fbewehrung
In: Festschrift 100 Jahre FAPA, Duebendorf 1980, S.44-51
- /47/ Raithby, K.D.
External Strengthening of Concrete Bridges with Bonded
Steel Plates
TRRL Chrowthorne / Berkshire: TRRL 1980 , Sup.Rep.612
- /48/ Faessler, Alphons
Die Sanierung der Gizenentruoecke ueber die Puota
In: Schweiz.Ind.u.Arch. , Heft 41 , (1980)
- /49/ Hugenschmidt, Felix
Epoxidharzmoertel fuer konstruktive Anwendungen
Ciba-Geigy AG, Februar 1980, Sept.1976 (Englische Fassung)

- /507/ Chleboj, J.F.
(Zur Berechnung von Biegeelementen mit geklebter Laubs-
bewehrung) Originaltitel unbekannt russisch
In: Stroitel'naja mehanika i Raschet Sooruzenij (1980)
Nr.4 S.24-27
- /511/ Rostasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H.
Verstaerkung von Stahlbetonbauteilen durch angeklebte
Bewehrung
In: Betonwerk + Fertigteiltechnik 47 (1981) S.82-86
- /521/ Ladner, Marc; Veder, Christian
Geklebte Bewehrung im Stahlbetonbau
Duhendorf: ENPA, 1981, Bericht Nr.206
- /531/ Rostasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H. ; Alda, Willi
Verstaerkung von Spannbetonbruecken im Koppelfugenbereich
durch angeklebte Stahllaschen
In: Bauingenieur 56 (1981), S.139-145
- /541/ MacDonald, M.D.
Strength of Bonded Shear Joints Subjected to Movement
During Cure
In: Int.Journ.Cem.Comp.a.Light.Concr., Vol.3, Nr.4,
1981
- /551/ Van Gemert, D.A.
Repairing of Concrete Structures by Externally Bonded
Steel Plates
ECP/RILEM/IRK International Symposium 1981 Prague
Plastics in Material and Structural Engineering, S.519-526
- /561/ MacDonald, M.D.
The Flexural Performance of 3,5 M Concrete Beams with
Various Bonded External Reinforcements
TRRL Chrowthorne/ Berkshire: TRRL 1982, Sup.Rep.728
- /571/ Ranisch, Ernst-H.
Zur Tragfahigkeit von Verklebungen
zwischen Baustahl und Beton - geklebte Bewehrung -
Diss. Techn. Universitaet Braunschweig 1982,
Schriftenreihe des Instituts fuer Baustoffe, Massivbau und
Brandschutz, Heft 54, 175 S.
- /581/ Ranisch, Ernst-H.
Verstaerkung von Stahlbetontraggliedern durch angeklebte
Bewehrung
In: Maschinenmarkt 88 (1982), S.1664-1667

-
- /59/ Ciba-Geigy
Analuit..Fuer eine Bruecke: Klebarmierung statt Teubau
Ciba-Geigy-Aspekte Heft 4, 1982
- /60/ Jones, Roy; Swamy, R.N. ; Ang, T.H.
Under and Over Reinforced Concrete Beams with Glued
Steel Plates
In: Int.Journ.Cem.Comp.Light Concr. 4(1982), S.19-32
- /61/ Lloyd, G.C. ; Calder, A.J.J.
The Microstructure of Epoxy Bonded Steel-to-concrete Joints
TRRL Chrowthorne Berkshire: TRRL 1982, Sup.Rep.705
- /62/ Mays, G.C.; Vardy, Alan E.
Adhesive-bonded steel/concrete composite construction
Int. Journal of Adhesion and Adhesives, Vol.2, No.2, 1982,
pp.103-107
- /63/ MacDonald, D.D.
The Flexural Performance of 3,5 " Concrete Beams with
Various Bonded External Reinforcements
TRRL Chrowthorne/ Berkshire: TRRL 1982, Sup.Rep.728
- /64/ Mays, G.C.; Harvey, W.J.
Fatigue of steel and concrete structures
Proceedings of IABSE Colloquium, Lausanne, 1982, pp.393-400
- /65/ Van Gemert, D.A.; Vanden Bosch, M.C.J.
Dimensionering Van Gelijmde Wapeningen Bij Op Buiging
Elaste Elementen
Tijdschrift der Openbare Werken van Belgie, 1982, Nr.1, S.7-24
- /66/ Rostasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H. ; Alda, Willi
Nachtraegliche Verstaerkung von Spannbetonbruecken im
Koppelfugenbereich durch angeklebte Stahllaschen
In: Forschung - Strassenbau und Strassenverkehrstechnik
Heft 326, Bonn : RMV 1982
- /67/ Rostasy, Ferdinand S.
Verstaerkung von Bruecken durch angeklebte Bewehrung
Vortrag in Muenster am 13.11.1982

-
- /68/ Rostasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H.
Verstaerkung von Betontragwerken durch angeklebte
Baustahllaschen
Inst.f.Baustoffe, Massivbau u. Brandschutz, Informations-
tagung "Dauerhaftigkeit und Instandhaltung von Massiv-
bauwerken", Braunschweig 1982, S.47-55.
- /69/ Rostasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H.
Strengthening of Bridges with Epoxy Bonded Steel Plates
IABSE-Symposium Washington 1982, Final Report, Vol 39
- /70/ Mortelmans, F.
Praktische Berechnung von aussen angeklebter Bewehrung
von auf Biegung belasteten Elementen (hollaendisch)
K.U.Leuven, Department Bouwkunde, Heverlee 1982
- /71/ Rostasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H.
Sraetschaeden an Spannbetonbauteilen
- Prophylaxe, Frueherkennung, Behebung -
Hier: Konstruktive Verstaerkung durch angeklebte Stahllasche
TU Braunschweig, Institut fur Baustoffe, Massivbau
und Brandschutz, Schlussbericht zum BMFT-Forschungsauftrag
Bau 7006, Braunschweig/ Muenchen 1983.
- /72/ Rostasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H.
Einseitige Verstaerkung gerissener Koppelfugenbereiche
durch angeklebte Stahllaschen.
In: Forschung - Strassenbau und Strassenverkehrstechnik,
Heft 378, Bonn : BMV 1983.
- /73/ Rostasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H.
Nachtraegliche Verstaerkung von Stahlbetonplatten
durch Ankleben von Bewehrung
TU Braunschweig, Inst.f.Baustoffe, Massivbau u.Brandschutz /
Land Niedersachsen - Braunschweig : Forschungsbericht 1983
- /74/ Van Gemert, D.A.; Vanden Bosch, M.C.J.
Renovation of Reinforced Concrete Structures by Epoxy Bonded
Steel Plates
Internationales Kolloquium Werkstoffwissenschaften u. Bau-
sanierung Esslingen, September 1983, S.237-242
- /75/ Ranisch, Ernst-H.
Nachtraegliche Verstaerkung von Stahlbetonplatten durch
Ankleben von Bewehrung
In: Schriftenreihe des Inst.f.Baustoffe, Heft 65, Braun-
schweig 1984, S.170-173

-
- /76/ Ranisch, Ernst-H.
Nachtraegliche Verstaerkung von Spannbetonbruecken im
Koppelfugenbereich durch angeklebte Stahllaschen
In: Schriftenreihe des Inst.f.Baustoffe, Heft 65, Braun-
schweig 1984, S.187-191
- /77/ Jones, Roy; Swamy, R.N.
In-situ strengthening of concrete structural members using
epoxy bonded steel plates. (engl.;Ref.dt.,engl.)
In: ICPIIC 84. Vierter Internationaler Kongress
Polymere und Beton
Darmstadt: Selbstverlag 1984. S.251-255, Abb., Tab.,
- /78/ Ivkovic, Milorad; Perisic, Zivota ; Acic, Mirko ;
Bakvor, Aleksandar
Concrete structures with steel elements outside the concrete
section
In: 12Th Congress. Vancouver, BC. Sep 3-7, 1984. Final
Report
Zuerich: Selbstverlag 1984. S.299-304, Abb., Lit.
- /79/ Weder, Christian
Long-term Behaviour of Reinforced Concrete Beams
Strengthened by Subsequently Bonded Steel Plates
- /80/ Rostasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H.
Sanierung von Betontragwerken
durch Ankleben von Faserverbundwerkstoffen
Forschungsarbeit Land Niedersachsen, Erl.-Nr. 6/82,
Inst. f. Baustoffe, Massivbau u. Brandschutz,
Abschlussbericht Braunschweig Dezember 1984
- /81/ Jasienko, J.; Olejnik, A. ; Pyszniak, J.
Force transfer between external bonded reinforcement and
strengthened reinforcing concrete elements (poln.)
XXXI. Sc. Conf. KILiW PAN - KN PZITB Krynica, 1985
- /32/ Mueller, K.F.
Erfahrungen aus der Praxis. Brueckensanierung.
Erhoehung der Tragtaehigkeit durch Klebarmierung.
Bautenschutz u. Bausan. 8(1985)Nr.1, S.30-32, Abb.
- /83/ Vanek, Tomas
Strengthening old Concrete Beams. (engl.;Ref.engl.,
franz.)
Patim.Int./Build.Res.Pract. 13(1985)Nr.2, S.115-121,
Abb.,Tab.,Lit.

-
- /84/ Postasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H.
(Verstaerkung von Tragelementen aus Stahlbeton durch
angeklebte Stahlarmierungen)
Rinforzo di Elementi Costruttivi in Cemento Armato a
Pezzo di Armature Incollate. (ital.; Ref.engl.)
Prefabbricazione (1985)Nr.5, S.341-343, Abb.,Lit.
- /85/ Ranisch, Ernst-H.
Verstaerkung von Bruecken durch angeklebte Stahllaschen
oder aufbetonierte Betonlaschen.
Vortrag auf dem VSVI-Seminar in Stuttgart am 26.02.85.
- /86/ Jasienko, J.; Olejnik, A. ; Pyszniak, J.
The strengthening pre - cracked concrete structures with
bonded reinforcement (poln.)
VII. Symp. The Investigation and Protection of Buildings
Failures, Szczecin, Juni 1985
- /87/ Jasienko, J.; Olejnik, A.
Bonded external reinforcement - method of strengthening
bending reinforcing concrete constructions (poln.)
The Sc. Papers of Inst. of Build. Sc.of Wroclaw, Conf. Nr.42
Wroclaw, Juni 1985
- /88/ Ifrt
Schulfeste Klebeverbindungen zwischen Stahlplatten und
Stahlbetonteilen.
Zulassungsscheide Nr. Z 26.1
- /89/ Mays, G.C.
Structural Applications of Adhesives in Civil Engineering
In: Materials Science and Technology, November 1985, Vol.1,
S.937-943
- /90/ Sims, F.A.
Applications of Resins in Bridge and Structural
Engineering
In: The International Journal of Cement Composites and
Lightweight Concrete, vol.7, No.4, Nov.1985, S.225-232
- /91/ Ruggli, Christof A. ; Zenobi, George V.
Bonded Reinforcement for the Strengthening
of Concrete Buildings and Bridges.
Techn. Contribution for X.FIP Congress, New Delhi, 1986.

-
- /92/ Rostasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H.
Strengthening of continuous prestressed concrete bridges
with bonded steel plates
FIP Neu Dehli, Februar 1986
- /93/ Van Doorn, L. ; Mulders, P. ; Van der Vloedt, Y.
Versterken van Betonren Kunstwerken met Utwendige Wapening -
Belastingberekening en Hestellmethodiek.
In: Cement 1986 Nr.6, S.22-27.
- /94/ Rostasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H.
Koppelfugensanierung mit angeklebten Stahllaschen.
In: Bauingenieur 61 (1986) S. 305-311.
- /95/ Rostasy, Ferdinand S. ; Ranisch, Ernst-H.
Verstaerkung von Stahlbetonplatten durch angeklebte Laschen
aus Glasfaserverstaerktem Kunststoff.
Forschungsbericht Inst.f.baustoffe, Massivbau u. Brandschutz
TU Braunschweig Juli 1986.
- /96/ Vanek, Tomas
Shear Strengthening of old Concrete Beams
In: Build. Res.a.Pract., Vol.14, Nr.5, Sept/Okt.1986
- /97/ Ranisch, Ernst-H. ; Rostasy, Ferdinand S.
Bonded Steel Plates for the Reduction of Fatigue Stresses
of Coupled Tendons in Multispan Bridges.
In: Adhesion Between Polymers and Concrete. RILEM Int.symp.,
Proc., Aix-en-Prov., Sep. 1986, S.561-570.
- /98/ Van Gemert, D.A.; Vanden Bosch, M.C.J.
ISAP 86, Aix en Prov., 16.Sept. 1986, S.518-527
- /99/ Caron, C.
Importance du Module de Rigidite du Polymere dans Les
Collage Structuraux
In:Sasse, F.R.:Adhesion between Polymere and Concrete
Proc. Int. RILEM Symp. Aix en Prov.
Sep.1986
- 100/ Knezevic-Vuksanovic, M. ; Stanivukovic, B.
Certains Resultats des Recherches Effectuees sur les
Poutrelles en Beton Arme Renforcees par une Armature ex-
terne Collee Grace A une Resine Epoxyde.
In:Sasse, F.R.:Adhesion between Polymers and Concrete,
Proc. Int.RILEM Symposium, Aix-en-Provence, Sep.1986
Seite 556.

- /101/ Tattoni, Sergio
Effets du Fliage sur les Collages Acier-beton
In: Sasse, H.R.: Adhesion between Polymeres and Concrete.
Proc. Int. RILEM Symposium Aix-en-Provence Sep.86(s.582)
- /102/ Jastencko, J.; Karys, J. ; Olejnik
Collaboration d'une Armature Collee avec les Poutress
Fissurees de Beton Arme
In: Sasse, H.R.: Adhesion between polymers and concrete,
S.534, Proc. Int. RILEM Symp., Aix en Provence, Sep. 1986
- /103/ Ifet; Tausky, Leu, Müller
Schubfeste Klebeverbindung zwischen Stahlplatten und
Stahlbetonbauteilen oder Spannbetonbauteilen.
Zulassungsbescheid Nr. Z-26.1-1 vom 31.10.86
- /104/ Launer
Geklebte Bewehrung im Stahlbetonbau
In: betonwerk + Fortiuteil-Technik, Heft 7/1987, S.557
- /105/ Kong, Carlos C.K. ; Vandy, Alan E.; Lark, Robert J.
Shear displacement in open-sandwich reinforced concrete
beams
In: Magazine of Concrete Research, Vol.39, No.139, Juni 1987
- /106/ Canovas, Fernandez M.
Strengthening of concrete structural elements by means of
glued steel plates with epoxy adhesives
5th Int.Congress on Polymers in Concrete, Sept.1982, Brig-
thon
- /107/ Inst.f.Bautechnik
Zulassungsbescheid Nr. 7-30.1-4
Schubfeste Klebeverbindung zwischen Stahlplatten und Stahl-
betonbauteilen oder Spannbetonbauteilen
Zulassung auf Antrag von Dipl.Ing. Launer/Massinu, gilt bis
30.Nov.1992

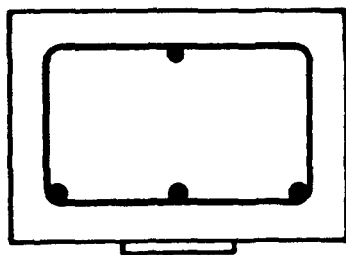
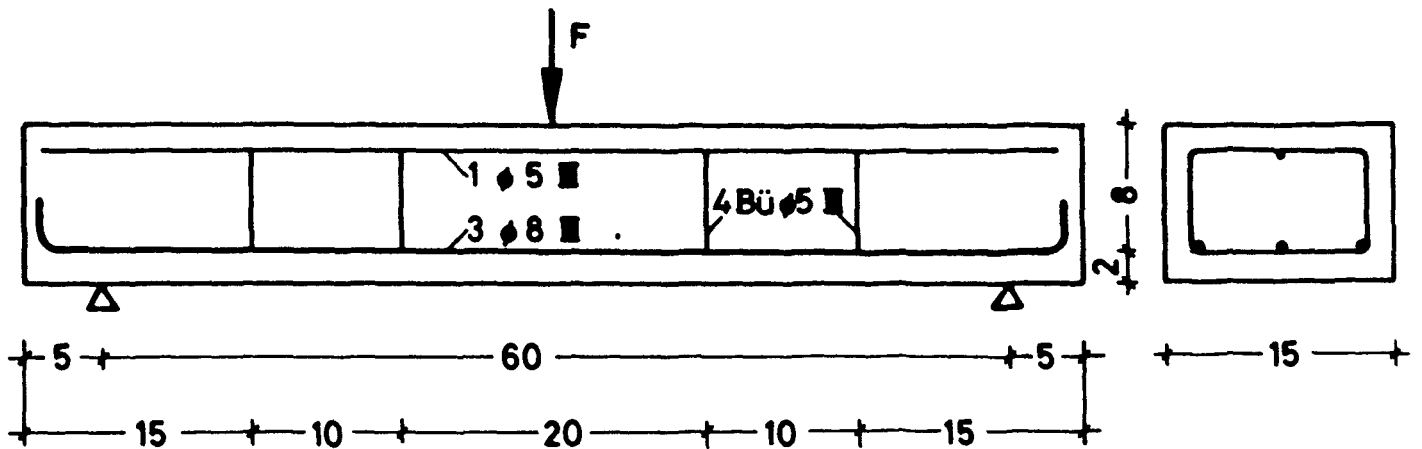
Klebstoff		A	B	C	D	Primer
Werksbezeichnung	-	XB 3074	FK 22 GS	SK 41	E 2628	Scotch Weld 1945
Hersteller	-	Ciba-Geigy AG Basel	Deitermann Chemie Datteln	Concrete Chemie Rüsselsheim	Henkel KGaA Düsseldorf	3 M Neuss
Mischungsverhältnis	Gew.-T-	6 : 10	1 : 8	1 : 4	1 : 16	1 : 1
Viskosität bei 23 °C	Pa s	148	-	687	-	1,1-1,8
Topfzeit	min	20 - 90	120	40 - 120	60	120
Glasübergangstemperatur	°C	51	49	47	-	-
Haftzugfestigkeit bei 23 °C	N/mm ²	18	18	20	12	-

Klebstoffe und Primer

Anlage 1

Betonrezept für die Balken 10x15x70 cm³

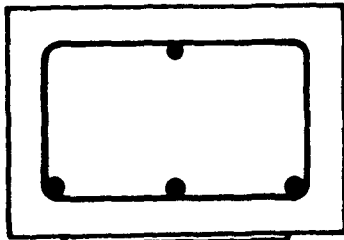
Zementart	PZ 35 F
Zementmenge	250 kg/m ³
w/z - Wert	0,95
Sandanteil	35 %
Kiesanteil	65 %
Größtkorn	16 mm
Frischbetonrohddichte	2,38 kg/dm ³
Festbetonrohddichte	2,32 kg/dm ³
Druckfestigkeit	
B_{W28}	30 N/mm ²
B_{W365}	32 N/mm ²



KBV 1

Lasche $5 \times 50 \text{ mm}^2$, St 37

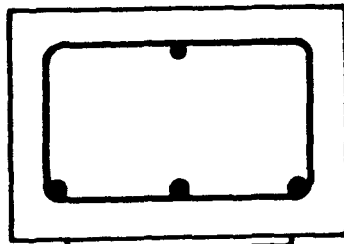
$$\eta = 1$$



KBV 2

Lasche $2 \times 100 \text{ mm}^2$, St 37

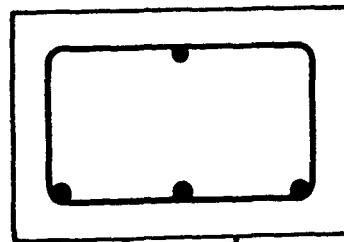
$$\eta = 1$$



KBV 3

Lasche $5 \times 100 \text{ mm}^2$, St 37

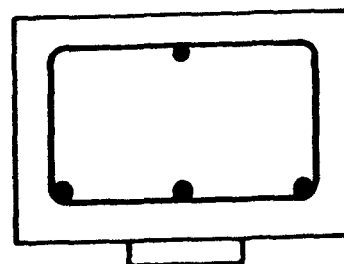
$$\eta = 1,9$$



KBV 4

Lasche $3 \times 50 \text{ mm}^2$, St 37

$$\eta = 0,6$$

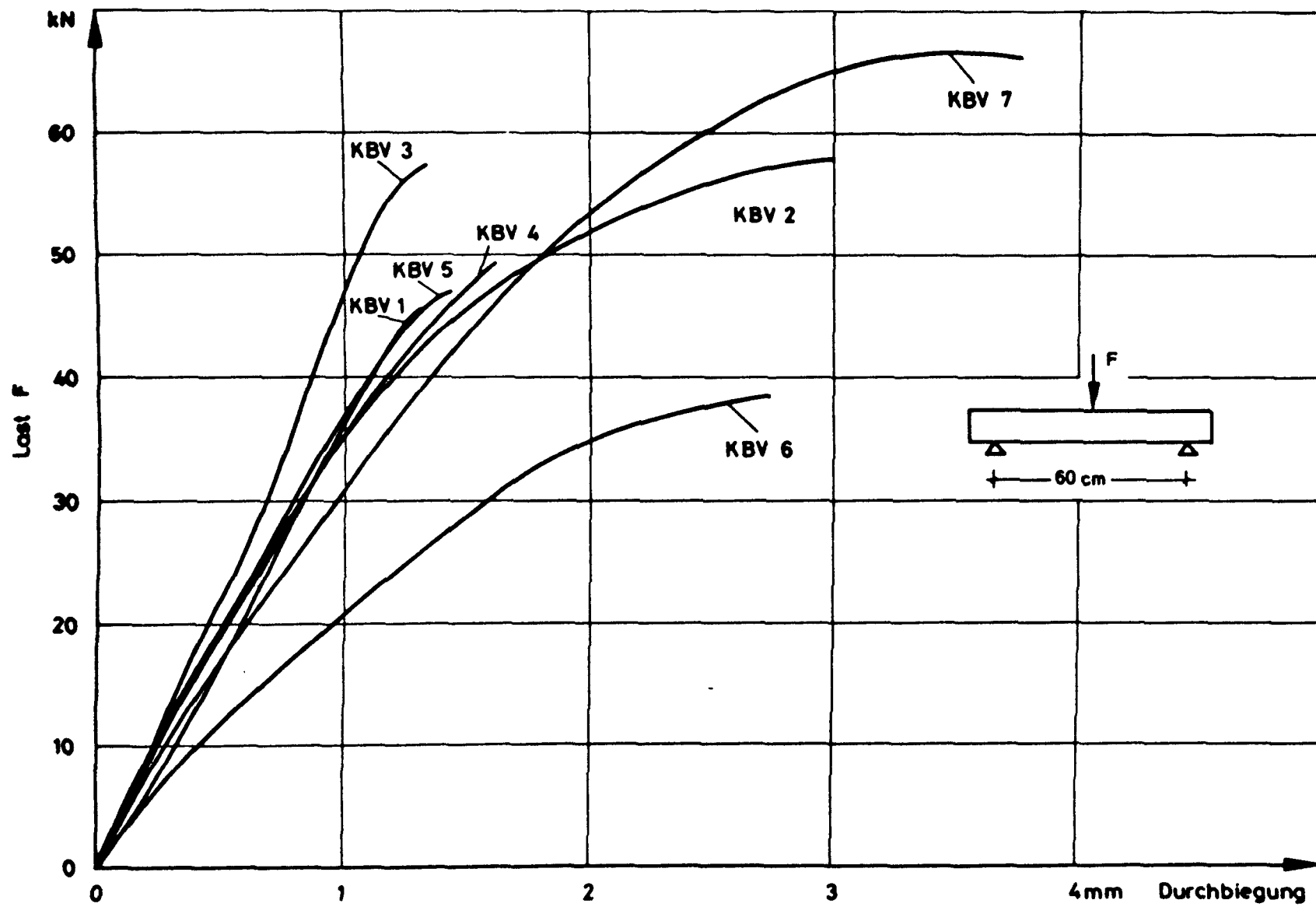


KBV 5

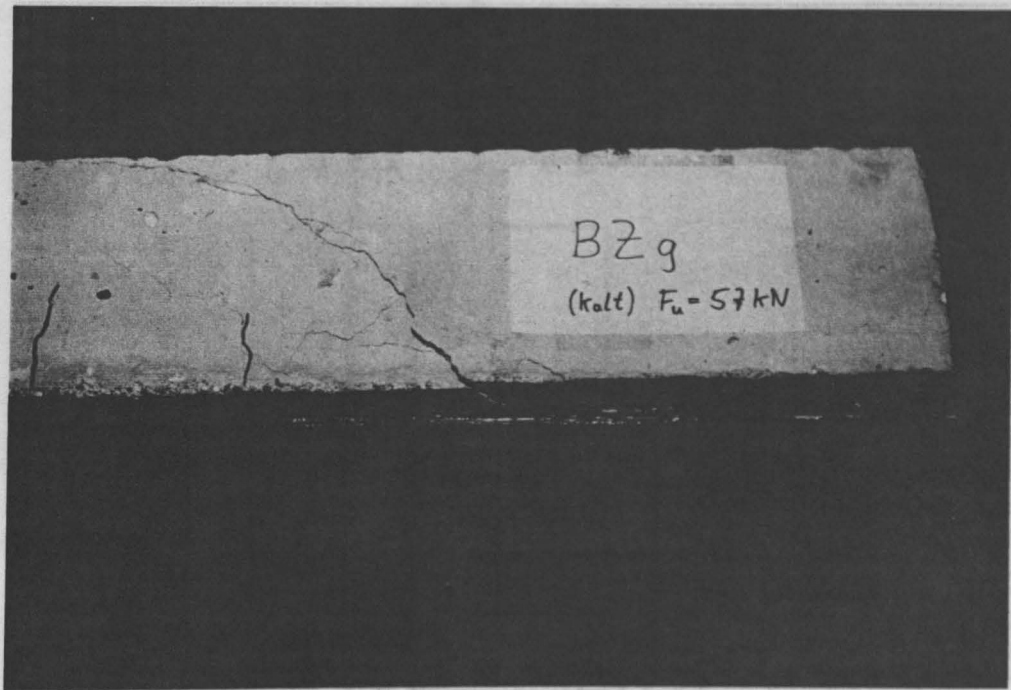
Lasche $10 \times 50 \text{ mm}$, AlMgSi 0,5

$$\eta = 1,7$$

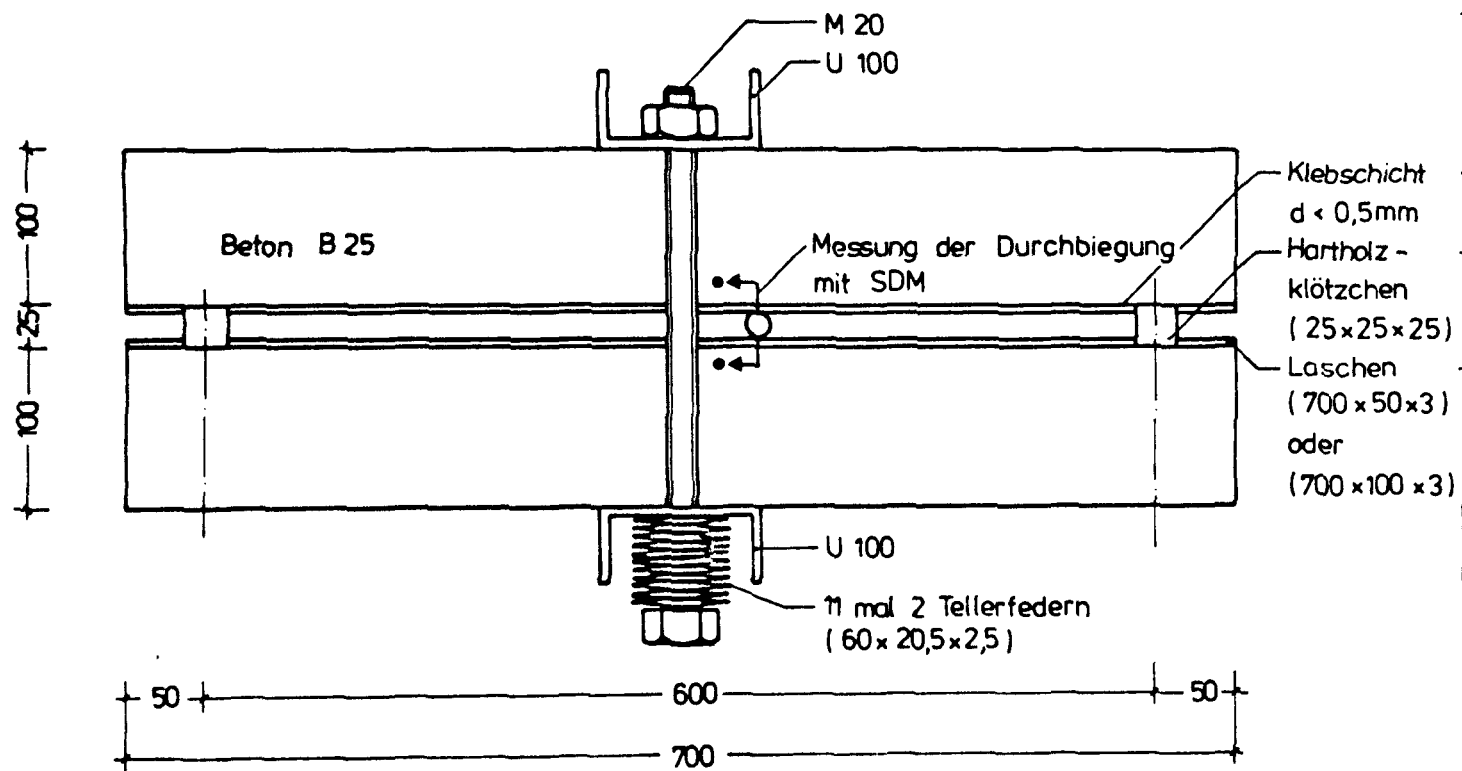
Versuchskörper für Kurzzeitversuche



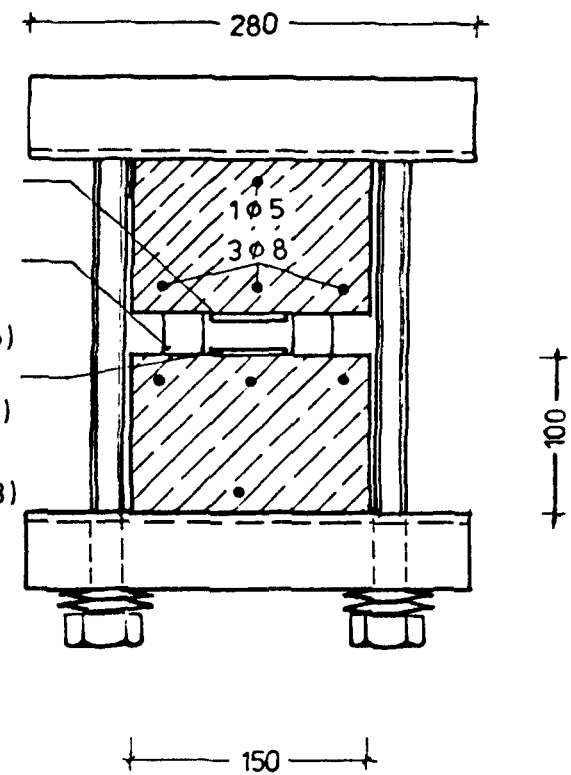
Durchbiegungslinien der Kurzzeitversuche



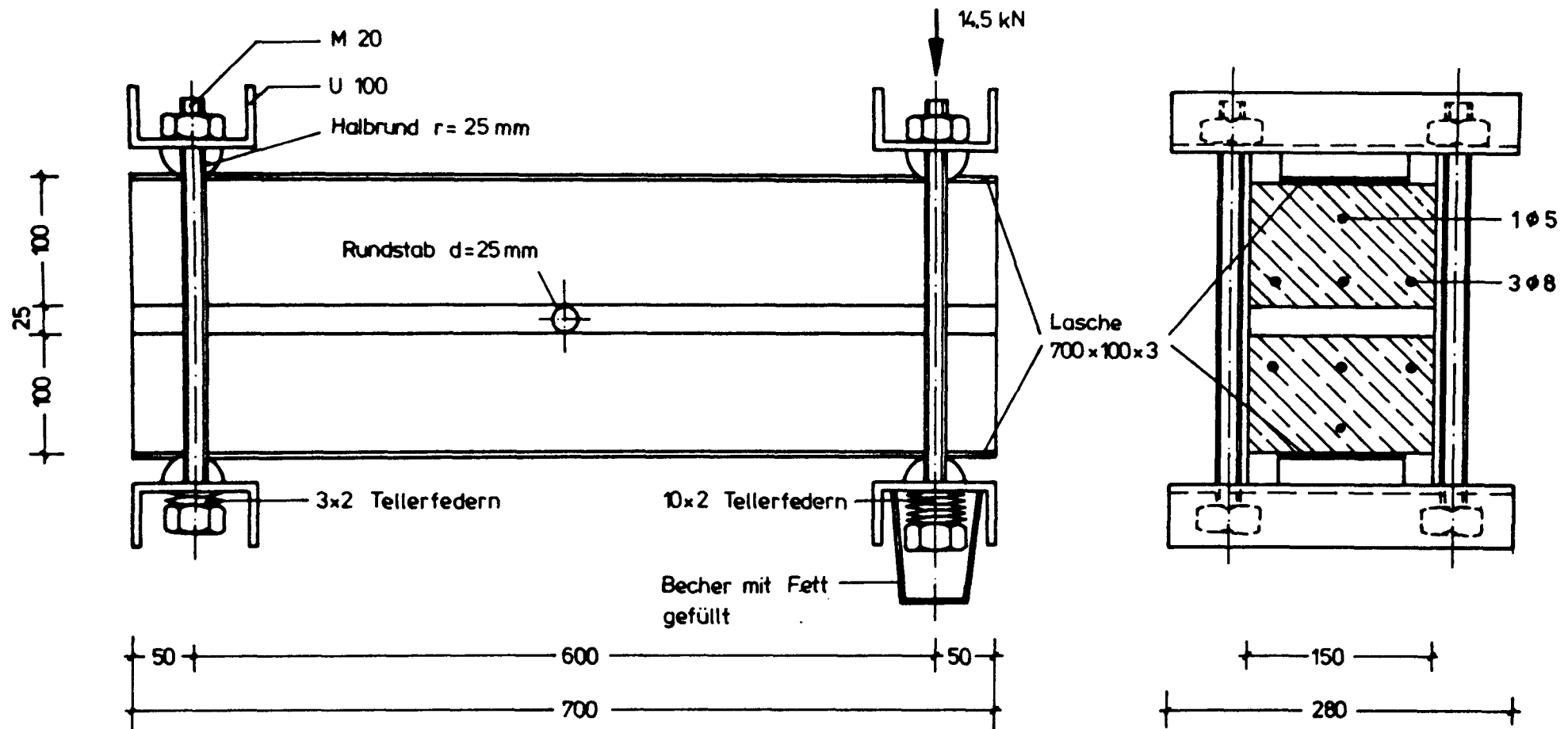
Bruchbild nach Kurzzeitbelastung



Versuchsaufbau für Klima 40/95



M 1:5



Versuchsaufbau für Freibewitterung

Balken Nr.	Bezeichnung	Belastungs- dauer	Bruchlast kN	Bruchfuge Anteile in %
1	AZg	1 Tag	-	{ 5A, 20B, 75B/C
2	AZg	1 Tag	48	
3	AZk	5 Tage	-	{ 5A, 50B, 45B/C
4			-	
5	BZg	6 Monate	40	{ 80A, 20B/C
6			44	
7	BZk	200 Tage	-	{ 70A, 30B/C
8			40	
9	CZg	5 Tage	-	{ 10A, 60B, 30B/C
10			-	
11	CZk	5 Tage	-	{ 10A, 60B, 30B/C
12			-	
13	APg	6 Monate	57	95A, 5B/C 80A, 20B
14			63	
15	APk	6 Monate	54	{ 100A
16			55	
17	BPg	6 Monate	60	{ 90A, 10B
18			60	
19	BPk	6 Monate	54	{ 90A, 10B
20			55	
21	CPg	49 Tage	-	{ 80A, 20B
22			62	
23	CPk	6 Monate	51	{ 80A, 20B
24			55	
25	ASg	6 Monate	61	{ 90A, 5B, 5B/C
26			63	
27	ASk	6 Monate	48	{ 90A, 10B
28			54	
29	BSg	6 Monate	60	{ 90A, 10B
30			62	
31	BSk	6 Monate	55	{ 90A, 10B
32			42	
33	CSg	217 Tage	-	{ 80A, 20B/C
34			63	
35	CSk	223 Tage	40	{ 60A, 40B/C
36			49	
37	AZPg	44 Tage	-	{ 50A, 50C/D
38			48	
39	AZPk	6 Monate	34	{ 40A, 60C/D
40			35	
41	CZPk	1 Tag	-	{ 50A, 50C/D
42		7 Tage	49	
43	AAIk	148 Tage	54	100A
44	BAlk		56	100A
45	ANg	43 Tage	52	20A, 80B/C
46			-	30A, 70B/C
47	BNg	6 Monate	62	80A, 20B/C
48			68	85A, 15B/C

Balken Nr.	Bezeichnung ¹⁾	Belastungs- dauer	Bruchlast ²⁾ kN	Bruchfuge ³⁾ Anteile in %
1	AS	1 Jahr	58	100A
2		5 Jahre	65	{ 95A, 5B/C
3		5 Jahre	57	
4	BS	1 Jahr	66	{ 95A, 5A/B
5		5 Jahre	65	
6		5 Jahre	68	
7	AP	1 Jahr	70	{ 100A
8		5 Jahre	63	
9		5 Jahre	63	
10	BP	1 Jahr	59	{ 100A
11		5 Jahre	66	
12		5 Jahre	68	
13	CS	1 Jahr	62	{ 100A
14		5 Jahre	64	
15		5 Jahre	69	95A, 5B/C
16	CP	1 Jahr	65	{ 95A, 5A/B
17		5 Jahre	60	
18		5 Jahre	74	
19	DS	1 Jahr	54	80A, 15B, 5B/C
20		5 Jahre	70	60A, 40A/B
21		5 Jahre	67	74A, 25A/B, 1B/C
22	DP	1 Jahr	75	90A, 10B
23		5 Jahre	78	80A, 20A/B
24		5 Jahre	60	95A, 5A/B
25	BZ	1 Jahr	42	{ 60A, 40B/C
26		1 Jahr	*	
27		1 Jahr	*	
28	DZ	0	*	{ 50A, 50B/C
29		2 Jahre	-	
30		2 Jahre	-	
31	AZP	0	*	{ 50A, 50C/D
32		4 Jahre	-	
33		4 Jahre	32	
34	CZP	1 Jahr	49	{ 65A, 35C/D
35		2 Jahre	-	
36		2 Jahre	61	
37	AN	1 Jahr	56	40A, 60B/C
38		5 Jahre	68	25A, 75B/C
39		5 Jahre	-	45A, 55B/C
40	ANP	1 Jahr	62	95A, 5B/C
41		5 Jahre	70	{ 95A, 5A/B
42		5 Jahre	66	

Fortsetzung auf Anlage 10

Fortsetzung von Anlage 9

43		1 Jahr	68	
44	BN	5 Jahre	66	} 100A
45		5 Jahre	63	
46		1 Jahr	62	} 100A
47	BNP	5 Jahre	-	
48		5 Jahre	-	
49		1 Jahr	61	85A, 15B/C
50	CN	5 Jahre	60	50A, 50B/C
51		5 Jahre	63	70A, 30B/C
52		1 Jahr	63	70A, 30B
53	CNP	5 Jahre	66	100A
54		5 Jahre	63	100A
55		1 Jahr	67	95A, 5B
56	DN	5 Jahre	62	80A, 20A/B
57		5 Jahre	72	95A, 5A/B
58		1 Jahr	63	95A, 5B
59	DNP	5 Jahre	68	100A
60		5 Jahre	69	85A, 15A/B

* Bruch beim Einbau in die Belastungsvorrichtung

1) 1.Buchstabe : Klebstoff

2./3.Buchst.: Laschenvorbehandlung

S: gestrahlt

P: geprimert

Z: verzinkt

N: nichtrostender Stahl, gestrahlt

2) Restfestigkeit nach Freibewitterung

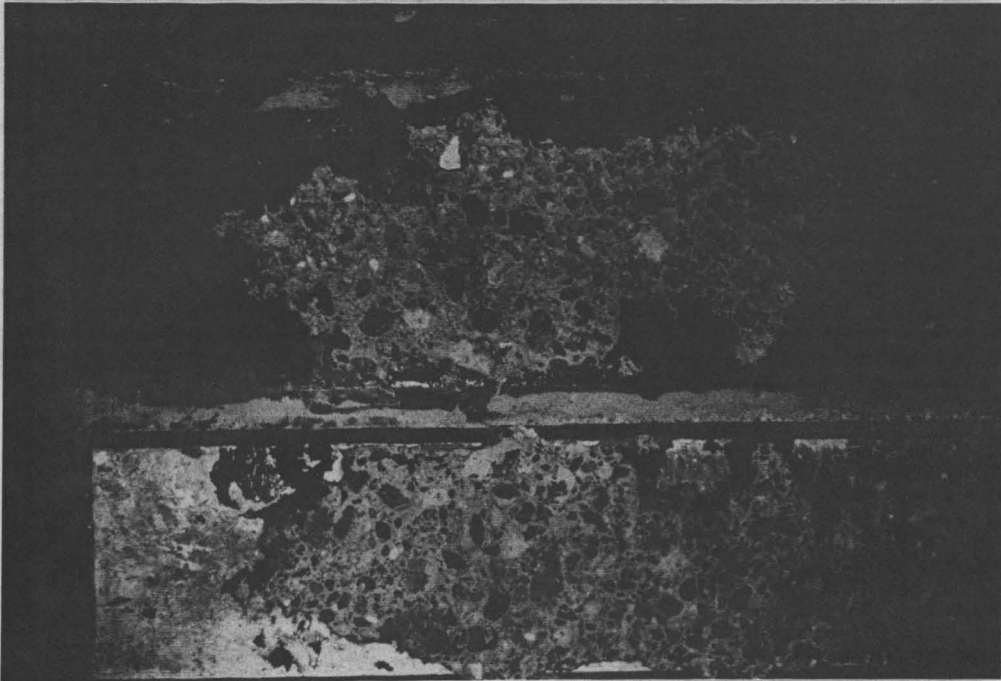
3) Bezeichnung: A = Beton

B = Klebschicht

C = Lasche oder ggfs. Primer

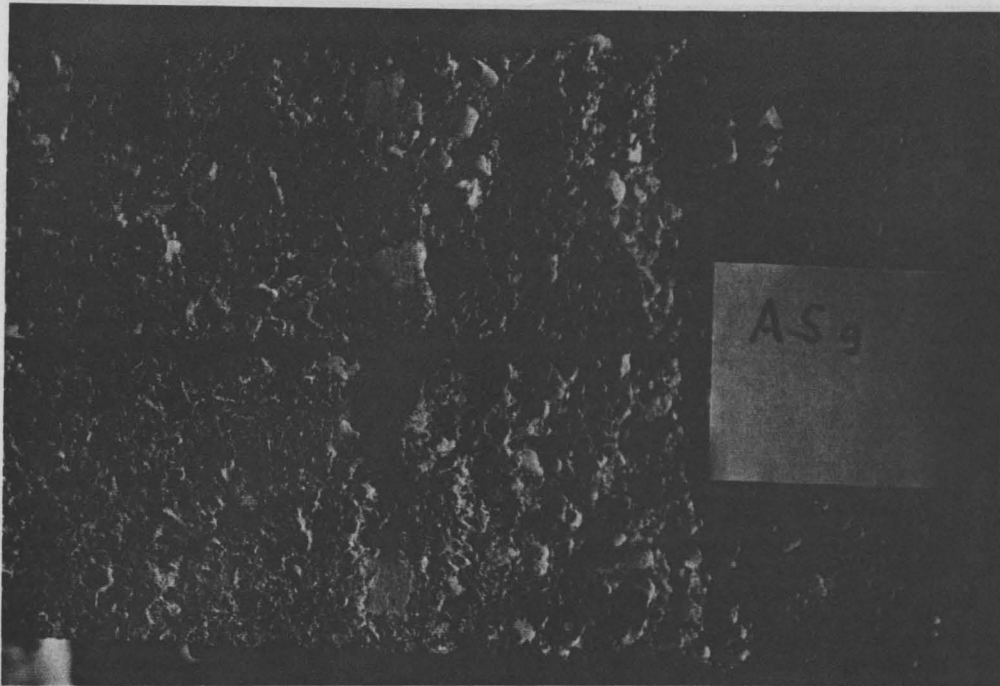
D = Lasche, falls geprimert

/ = Adhäsionsbruch



Nach 1 Tag Lagerung im Klimaraum, Klebstoff A,
verzinkte Lasche

1 Monate Klimalagerung, Klebstoff A, gestrahlte
Lasche



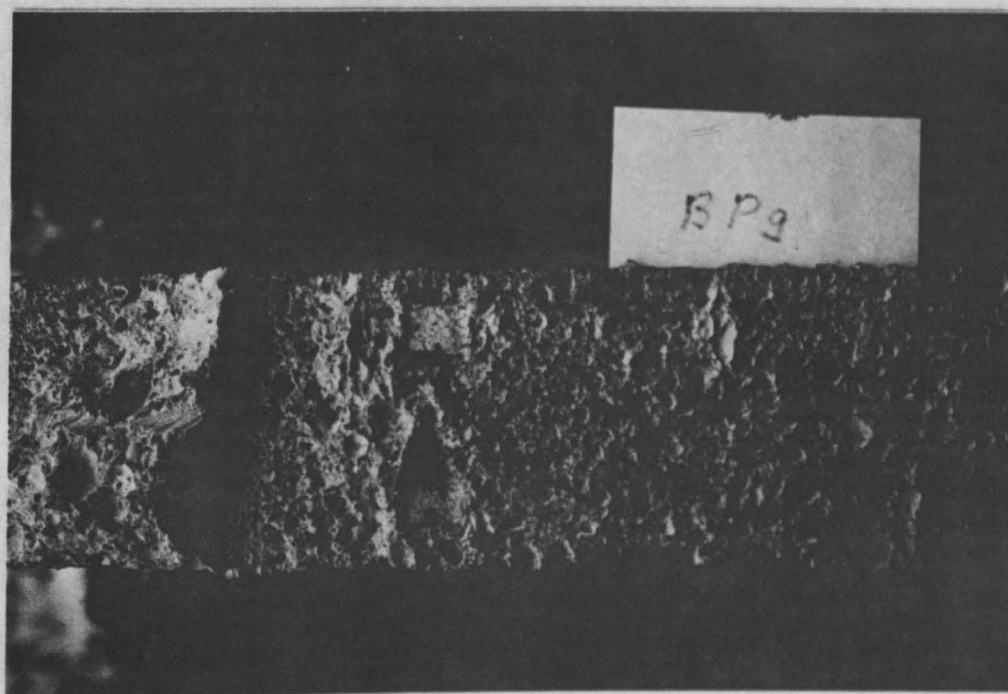
6 Monate Klimalagerung, Klebstoff A, gestrahlte
Lasche



6 Monate Klimalagerung, Klebstoff B, gestrahlte
Lasche



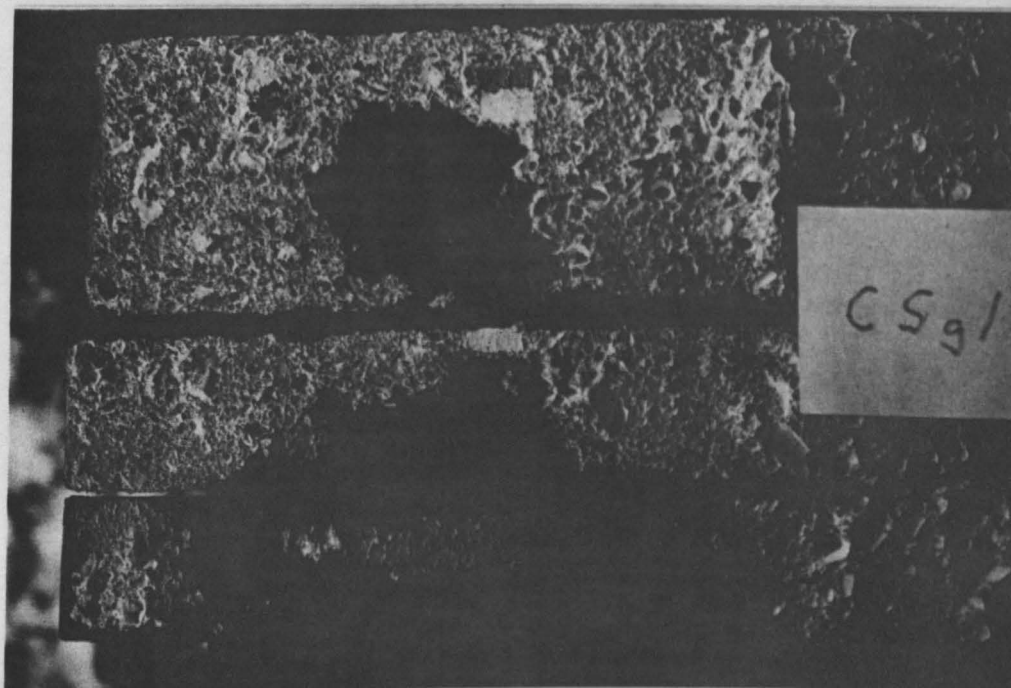
6 Monate Klimalagerung, Klebstoff A,
geprimerte Lasche



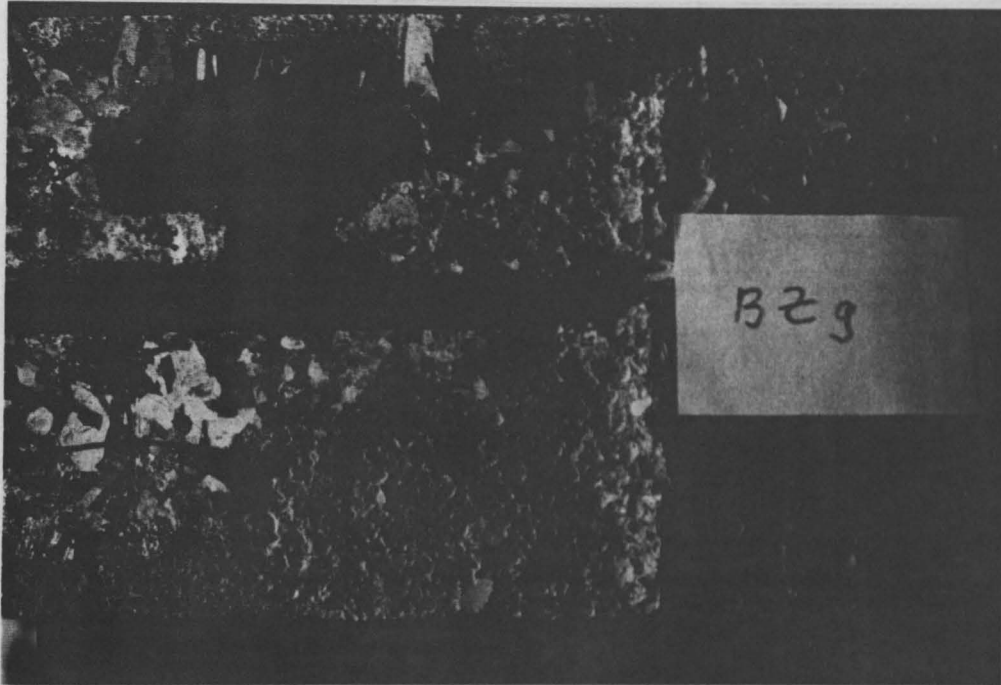
6 Monate Klimalagerung, Klebstoff B,
geprimerte Lasche



6 Monate Klimalagerung, Klebstoff A,
verzinkte und geprimerte Lasche



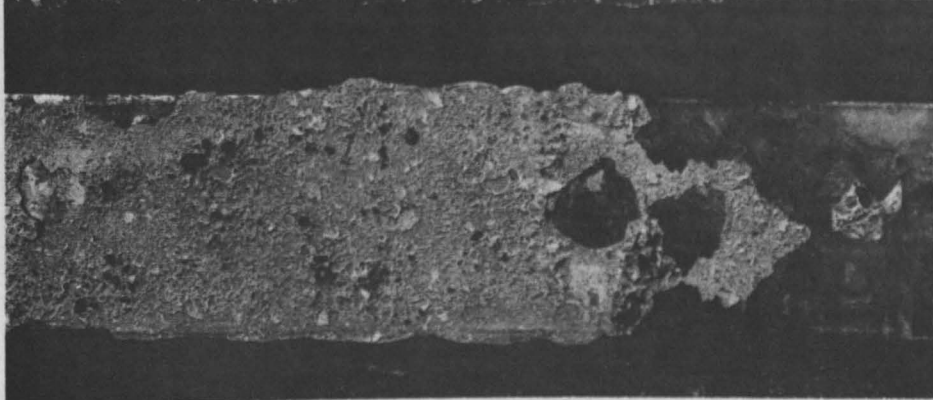
6 Monate Klimalagerung, Klebstoff C,
gestrahlte Lasche



6 Monate Klimalagerung, Klebstoff B,
verzinkte Lasche

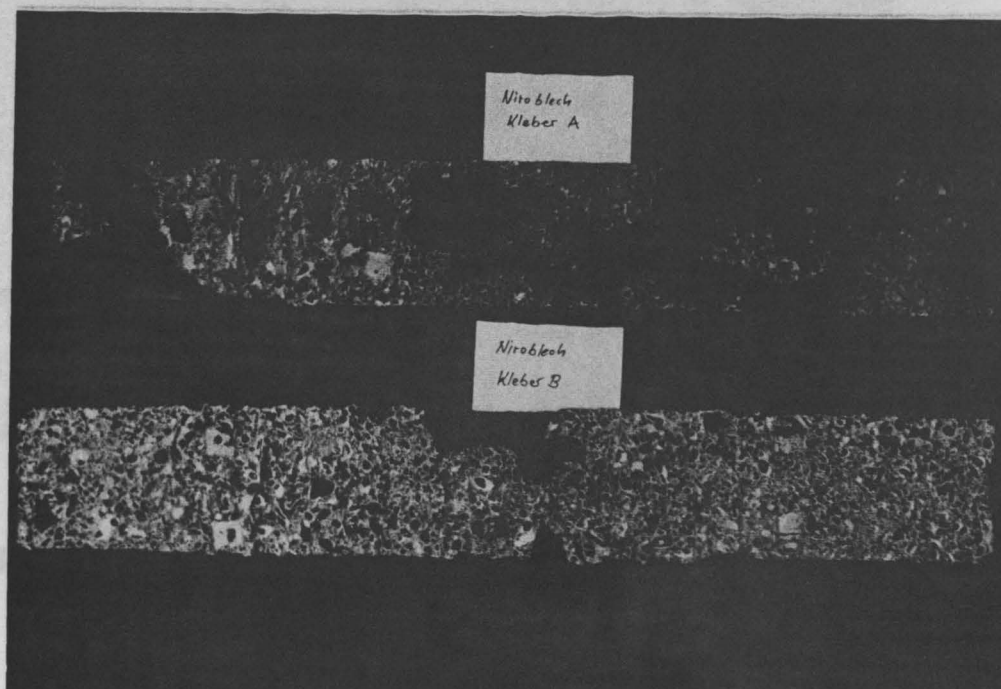


AZg



CZg

1-5 Tage Klimalagerung, Klebstoff A und C,
verzinkte Lasche



6 Monate Klimalagerung, Klebstoff A und B,
Lasche aus nicht-rostendem Stahl



geprimert

gestrahlt

Klebstoff A

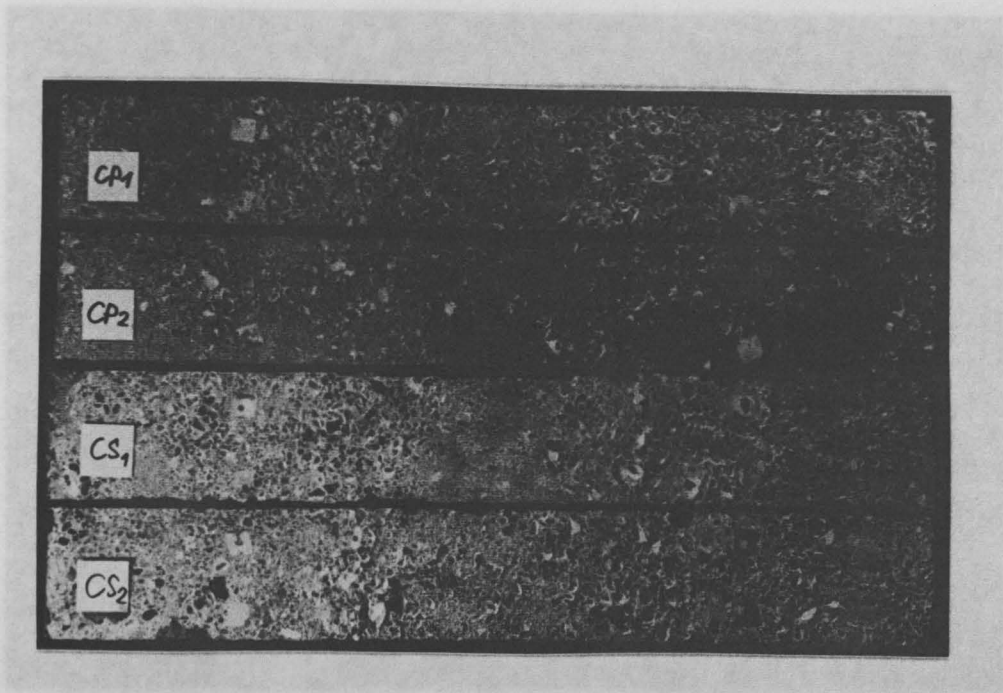


geprimert

gestrahlt

Klebstoff B

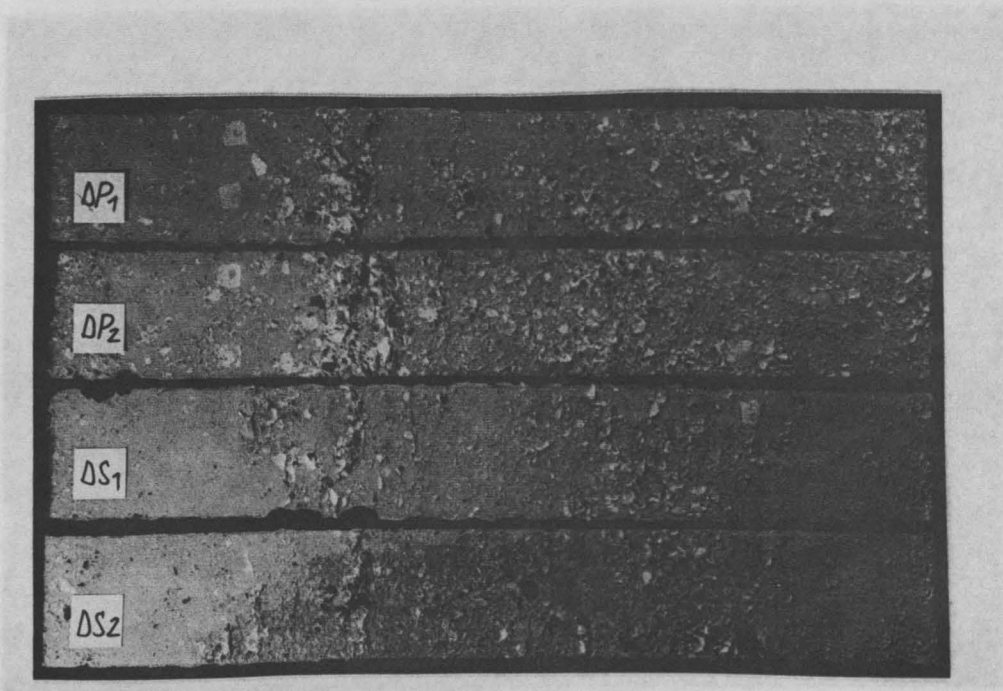
Nach 5 Jahren Freibewitterung



geprimert

gestrahlt

Klebstoff C nach 98 Tagen

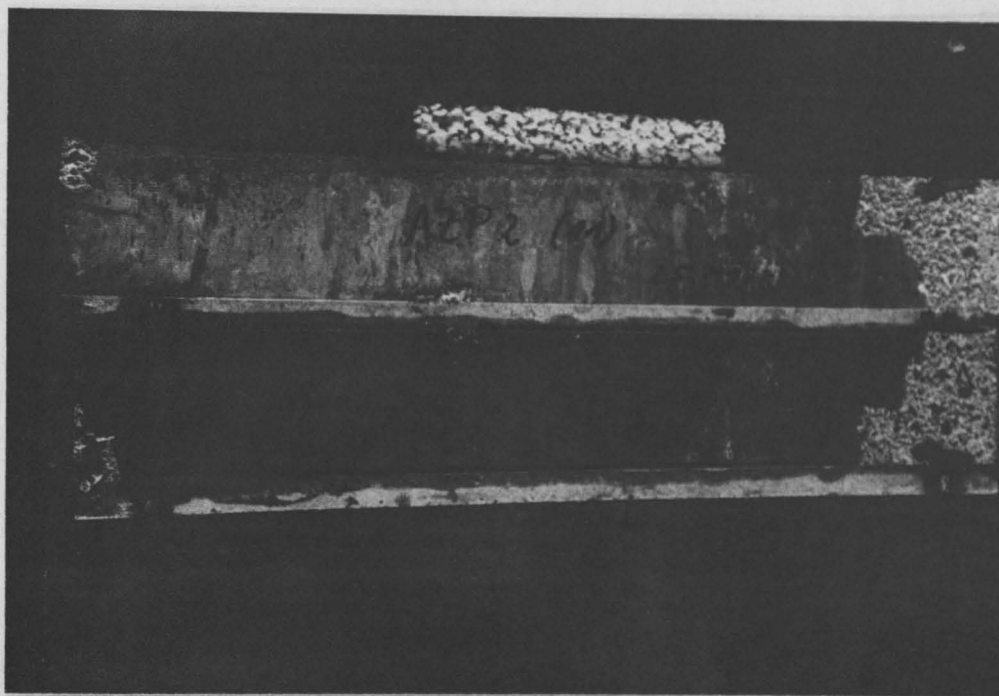


geprimert

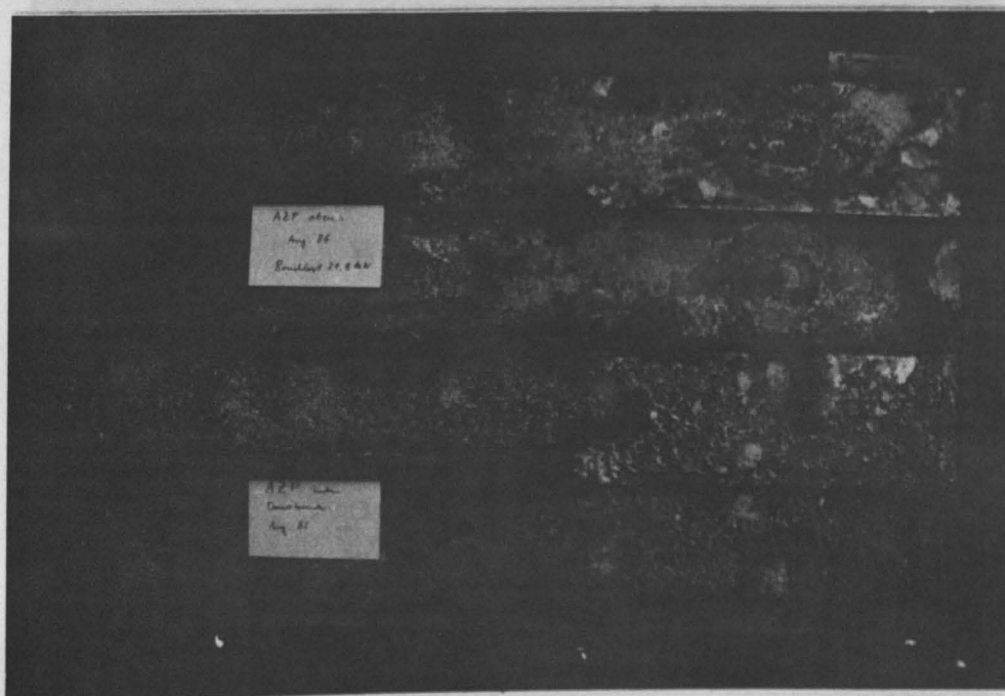
gestrahlt

Klebstoff D nach 5 Jahren

Nach 5 Jahren Freibewitterung

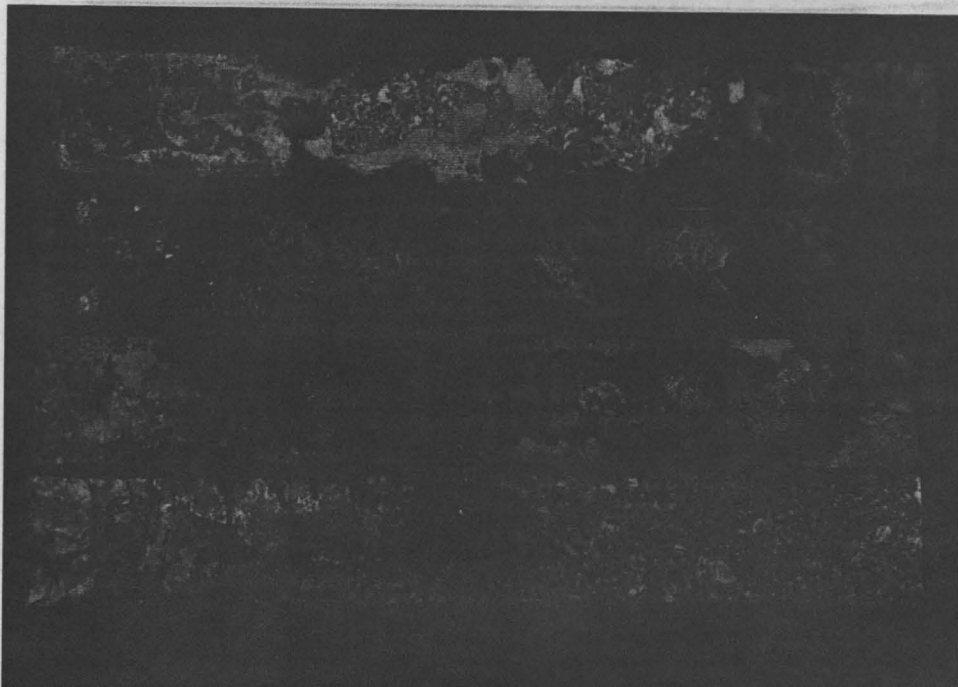


Dauerbruch nach 98 Tagen



Dauerbruch nach 4 Jahren

Freibewitterte Balken, Klebstoff A, verzinkt und geprimert



Dauerbrüche nach 2 1/2 Jahren
verzinkte Laschen, Klebstoff C und D

(Bild nicht verwertet)

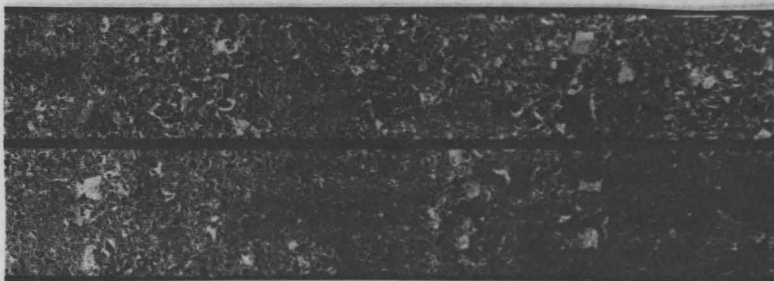
Nach 5 Jahren Freibewitterung

Laschen aus nicht-rostem Stahl, Klebstoff A und B



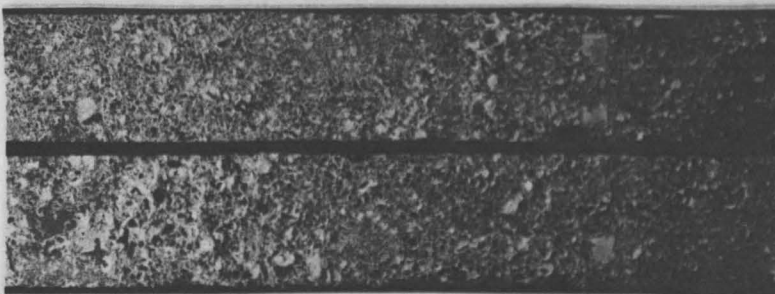
AN₁

AN₂



ANP₁

ANP₂



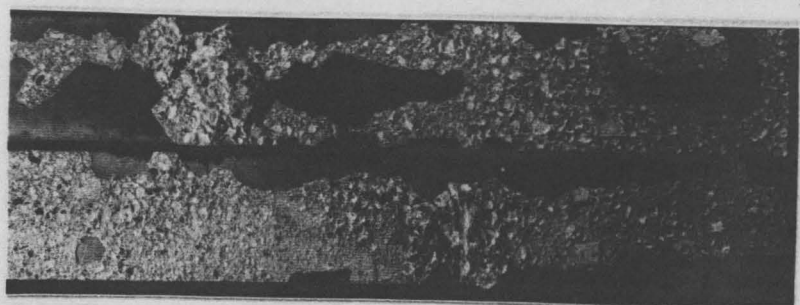
BN₁

BN₂

(BNP nicht geprüft)

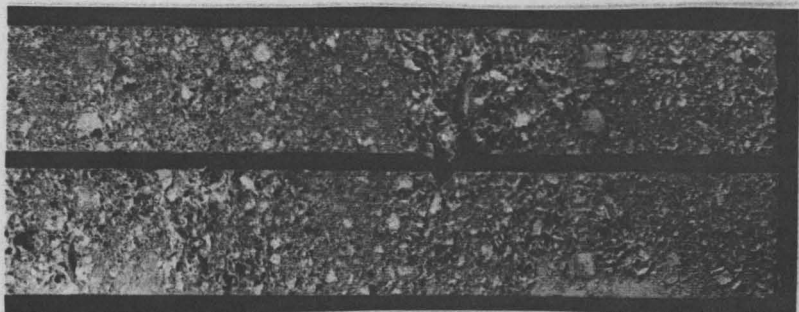
Nach 5 Jahren Freibewitterung

Laschen aus nicht-rostendem Stahl, Klebstoff A und B



CN₁

CN₂



CNP₁

CNP₂



DN₁

DN₂

DNP₁

DNP₂

Nach 5 Jahren Freibewitterung

Laschen aus nicht-rostendem Stahl, Klebstoff C und D